



(12)

(21) Aktenzeichen: 10 2004 017 239.0

(22) Anmeldetag: 05.04.2004

(43) Offenlegungstag: 23.12.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H03K 17/16**  
**H03K 17/695**

(66) Innere Priorität: 103 16 469.3 09.04.2003

(71) Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

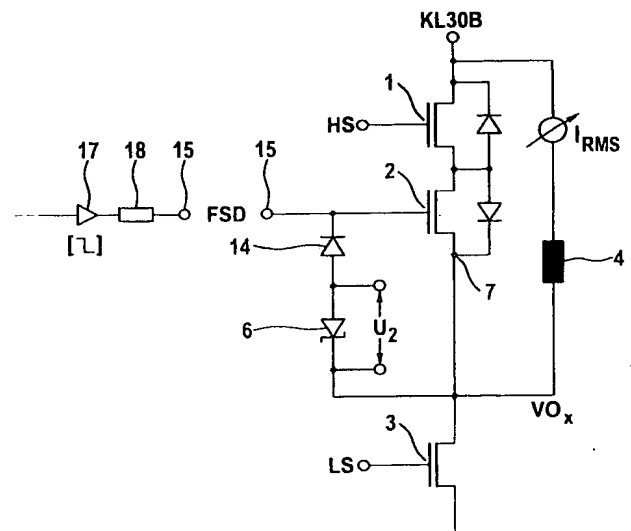
(72) Erfinder:  
Fey, Wolfgang, 65527 Niedernhausen, DE;  
Engelmann, Mario, 61449 Steinbach, DE; Oehler,  
Peter, Dr., 60314 Frankfurt, DE; Schmitz, Axel,  
65795 Hattersheim, DE; Michel, Frank, 61191  
Rosbach, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

**(54) Bezeichnung: Verfahren und Schaltungsanordnung zur Ansteuerung von Ventilspulen in elektronischen Kraftfahrzeugbremsystemen**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben ist ein Verfahren zur Ansteuerung einer PWM-geregelten ... für ein elektronisches Kraftfahrzeugsteuergerät. Die Endstufe (1, 3) umfasst eine elektrisch ansteuerbare Abschaltstufe (2, 6, 14) mit einem elektrisch ansteuerbaren Widerstandsbauelement (2) zum schnelleren Einstellen eines vorgegebenen Sollstroms ( $I_{re}$ ), welches in Reihenschaltung zum Ausgang der Ausgangsendstufe angeordnet ist. Zur Beschleunigung der Abschaltphase wird der ohmsche Widerstand des Abschaltbauelements in Abhängigkeit vom aktuellen Strom und in Abhängigkeit vom aktuellen Sollstrom eingestellt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung für elektronische Steuergeräte in Kraftfahrzeugen.

**Stand der Technik**

**[0002]** Es ist bekannt, Magnetventile in Kraftfahrzeugsteuergeräten, wie Bremsensteuergeräte, mittels Pulweitenmodulation (PWM-Regelung) über geeignete Endstufen anzusteuern.

**[0003]** In üblichen Bremssystemen sind die Radzylinder über Hydraulikleitungen und Magnetventile mit dem Hauptbremszylinder verbunden. Es besteht dabei in ABS- oder ESP-typischen Regelsituationen der Bedarf, den Druck in den an den Magnetventilen angeschlossenen Hydraulikleitungen möglichst exakt zu regeln bzw. zu steuern. Dies ist insbesondere in kostenoptimierten ESP-Steuergeräten (ESP: Fahrdynamikregelung durch Betrachtung der Gierrate) der Fall, bei denen nicht wie in früheren Generationen für jedes Ventil ein Drucksensor vorgesehen ist, sondern lediglich ein Drucksensor für das gesamte Bremssystem. In den letztgenannten Systemen mit lediglich einem Drucksensor ist eine genaue Einstellung des Drucks über das Magnetventil daher besonders wünschenswert.

**[0004]** Ventiltreiber bzw. Endstufen zur Ansteuerung der Magnetventile umfassen üblicherweise Halbleiterelemente, mit denen der Strom des Magnetventils geregelt werden kann. Ein Beispiel für eine entsprechende Schaltungsanordnung zur Ventilansteuerung mit einem High-Side-Transistor 1 und einem Low-Side-Transistor 3 ist in Fig. 2 dargestellt. In Fig. 1 ist der Verlauf des Spulenstroms  $I_{RMS}$  nach dem Abschalten des Stroms durch die Ansteuertransistoren 1 (leitend) und 3 (gesperrt) für die Zeit  $t > t_0$  dargestellt. Die Zeit bis zum nahezu vollständigen Abklingen des Stroms ( $t_1 - t_0$ ) beträgt im dargestellten Beispiel etwa 10 ms.

**[0005]** Um die Abschaltphase zu beschleunigen, wird daher für jeden Ventiltreiber jeweils ein zusätzlicher Abschalttransistor 2 verwendet. Hierdurch lässt sich die Abschaltzeit ( $t_2 - t_0$ ) auf weniger als etwa 1,5 ms verkürzen, wie die entsprechende Kurve des Stromverlaufs  $I_{RMS}(t)$  in Fig. 3 zeigt. Der durch den zusätzlichen Transistor vorgenommene Schaltvorgang wird nachfolgend auch als Abkommutierung bezeichnet.

**[0006]** Es hat sich gezeigt, dass in entsprechend mit Abschalttransistoren versehenen Ventiltreibern nach dem Umschalten des Ventilstroms von einem hohen Wert (z.B. 1400 mA) auf einen niedrigen Wert des Stroms (z.B. 200 mA) der Strom  $I_{RMS}$  vor dem Erreichen des späteren Stromsollwertes  $I_{soll}$  für eine be-

stimmte Zeitdauer kleiner wird, als  $I_{soll}$ . Diese sogenannten Unterschwinger führen dazu, dass zumindest in Bremssystemen mit nur einem Drucksensor der Hydraulikdruck nicht mit der gewünschten Genauigkeit eingestellt werden kann. Wird nach der Abkommutierung wieder auf die normale PWM-Regelung umgeschaltet, so kommt es zu einem Rücksprung des Stroms auf den neuen, durch die PWM-Regelung aktuell eingestellten Strom.

**Aufgabenstellung**

**[0007]** Die Erfindung setzt sich daher zum Ziel, derartige Unterschwinger oder Rücksprünge unter Beibehaltung der kurzen Abschaltzeit zu vermeiden.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das Verfahren und die Vorrichtung gemäß den unabhängigen Patentansprüchen.

**[0009]** Das Kraftfahrzeugsteuergerät ist bevorzugt ein Regler eines elektronischen Bremssystems, welcher mit einer Hydraulikeinheit verbunden ist. Durch die Endstufe wird vorzugsweise eine Ventilschleife angesteuert, mit der sich der Druck in an das Ventil angeschlossenen Hydraulikleitungen verstellen lässt.

**[0010]** Bei der Ausgangsendstufe handelt es sich vorzugsweise um einen oder mehrere Halbleitertransistoren, insbesondere einen oder mehrere Feldeffekttransistoren (FETs).

**[0011]** Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens und der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0012]** Ein Vorteil der Erfindung ist, dass der Strom in der Ventilschleife besonders schnell einen eingeschwungenen Zustand erreicht. Der eingeschwungene Zustand ist vorzugsweise bereits nach einer Zeit von etwa 5 ms, insbesondere 1,5 ms, erreicht. Hierdurch kann der Fehler des gewünschten, theoretisch vorgegebenen, Druckgradienten besonders gering gehalten werden.

**Ausführungsbeispiel**

**[0013]** In Fig. 1 ist der Verlauf des Stroms  $I_{RMS}$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  dargestellt. Der Strom nähert sich dem Sollwert verhältnismäßig langsam an.

**[0014]** In Fig. 2 ist eine Schaltungsanordnung mit einem Abschalttransistor dargestellt, welche eine Beschleunigung der Annäherung in Fig. 1 herbeiführt. Klemme HS und LS werden in an sich bekannter Weise durch ein Steuersignal einer pulswertenmodulierten Stromregelung (PWM-Regelung) angesteuert. An Klemme 15 liegt das von einer digitalen Steuerung 17 bereitgestellte Signal FSD an, welches eine schnelle Abkommutierung bewirkt. Gemeinsam mit

Widerstand 18 wird ein hochohmiger Eingang bewirkt, so dass das Potenzial an Klemme 15 durch Zehnerdiode 6 beeinflussbar ist. Der Einfluss der Zehnerdiode, welche eine definierte Spannung  $U_2$  auf Eingang 15 addiert, bewirkt, dass der an der mit Eingang 15 verbundene Transistor 2 nicht vollkommen leitend wird. Nach der Abkommutierung wird wieder auf die normale PWM-Regelung umgeschaltet, in dem das Signal FSD einen "high"-Pegel annimmt. Der sich ergebende Stromverlauf ist in Fig. 3 dargestellt. Wie man sieht, unterschreitet der Strom den Stromwert  $I_{\text{soll}}$  für eine bestimmte Zeit, was unerwünscht ist.

[0015] Die Schaltungsanordnung in Fig. 4 verhindert die Unterschreitung des Stromwerts  $I_{\text{soll}}$  entsprechend Fig. 3, wie der Stromverlauf in Fig. 5 zeigt.

[0016] Fig. 6a) zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung  $VO_x$  der Schaltung in Fig. 2.

[0017] Fig. 6b) zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung  $VO_x$  der Schaltung in Fig. 4.

[0018] Die Schaltungsanordnung in Fig. 7 sieht eine zeitgesteuerte variable Spannung an der induktiven Last 4 vor. Hierdurch wird ebenfalls ein "hartes" Abschalten (sogenannter "Überschwinger") dieser Spannung vermieden. Hierzu wird mittels einer Zenerdiodenkaskade (Stack), dessen Nennspannung in der Summe der maximalen Spannung an Last 4 entspricht, der Strom abkommutiert, um danach sukzessive nach Unterschreiten eines bestimmten Stromwertes oberhalb des Sollstromwertes die Zenerdioden der Reihe nach mittels jeweils hierfür verwendeter Halbleiterschalter 16, 16' zu überbrücken, so dass die Spannung an der Last 4 reduziert wird. Das Überbrücken der einzelnen Zenerdioden wird mittels einer Zeitverzögerungskette aus Zeitverzögerungsgliedern 12', 12'' und 12''' herbeigeführt, die auf die Eingänge der Halbleiterschalter 16, 16' usw. einwirkt. Dabei gilt für die Zeitkonstanten der  $n$  Zeitverzögerungsglieder folgender Zusammenhang:  $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \dots < \tau_n$ .

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung einer Endstufe, welche insbesondere eine PWM-geregelte Endstufe ist, in einem elektronischen Kraftfahrzeugsteuergerät umfassend

- eine elektronische Ausgangsendstufe (1, 3) zur Ansteuerung von induktiven Lasten (4) und
- eine elektrisch ansteuerbare Abschaltstufe (2, 6, 14) mit einem elektrisch ansteuerbaren Widerstandsbaulement (2) zum schnelleren Einstellen eines vorgegebenen Sollstroms ( $I_{\text{ref}}$ ), welches in Reihenschaltung zum Ausgang der Ausgangsendstufe angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ohmsche Widerstand des Abschaltbaulementes in Abhängigkeit vom aktuellen Strom und in Abhängigkeit

vom aktuellen Sollstrom eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstand des Abschaltbaulementes (2) durch eine Steuerspannung ( $U_2$ ) auf einen im wesentlichen festen Höchstwert eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz des aktuellen Laststroms ( $I_{\text{RMS}}$ ) und eines vorgegebenen Stroms ( $I_{\text{ref}}$ ), welcher insbesondere der Sollstrom einer angeschlossenen PWM-Regelung ist, gebildet wird und diese Differenz zur Steuerung des ohmschen Widerstands herangezogen wird, wobei die Differenz vorzugsweise vor der Ansteuerung des ohmschen Widerstands invertiert wird.

4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das sich auf Grund der Widerstandsänderung des Abschaltbaulementes ändernde Spannungspotenzial an der induktiven Last ( $VO_x$ ) in Form einer Rückkopplung der Steuerspannung am Eingang ( $U_F$ ) einer Invertierungsstufe und/oder Verstärkerstufe (11) überlagert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand des Abschaltbaulementes über einen zusätzlichen Abschaltengang (FSD) angesteuert wird, welcher insbesondere mit einer digitalen Steuerung verbunden ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand des Abschaltbaulementes (2) sich nach Maßgabe eines Triggersignals (SC) selbstständig nach einer fest vorgegebenen Zeitspanne erhöht.

7. Schaltungsanordnung umfassend eine oder mehrere Endstufen (1, 3), jeweils zur Ansteuerung von induktiven Lasten (4) in einem elektronischen Kraftfahrzeugsteuergerät, gekennzeichnet, durch ein elektrisch ansteuerbares Abschaltbaulement (2) zum schnelleren Einstellen eines vorgegebenen Sollstroms ( $I_{\text{ref}}$ ), welches in Reihenschaltung zum Ausgang der Ausgangsendstufe angeordnet ist.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, durch gekennzeichnet, dass das Abschaltbaulement ein Halbleiterbaulement mit steuerbarem Widerstand ist, mit einem Steuereingang (5) zum Steuern des Widerstands in Abhängigkeit eines am Steuereingang anliegenden Potenzials.

9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7 oder 8, wobei Steuereingang (5) über eine Zenerdiode (6) mit einem ersten Treiberausgang (7) des Abschaltbaulementes verbunden ist.

10. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Steuereingang (5) das über Inverter (11) invertierte elektrische Analogsignal einer Führungsspannung ( $U_F$ ) zugeführt wird.

11. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Führungsspannung ( $U_F$ ) durch Überlagerung der am Treiberausgang (7) anliegenden Spannung und einer Differenz Ausgangsspannung ( $U_w$ ) gebildet wird.

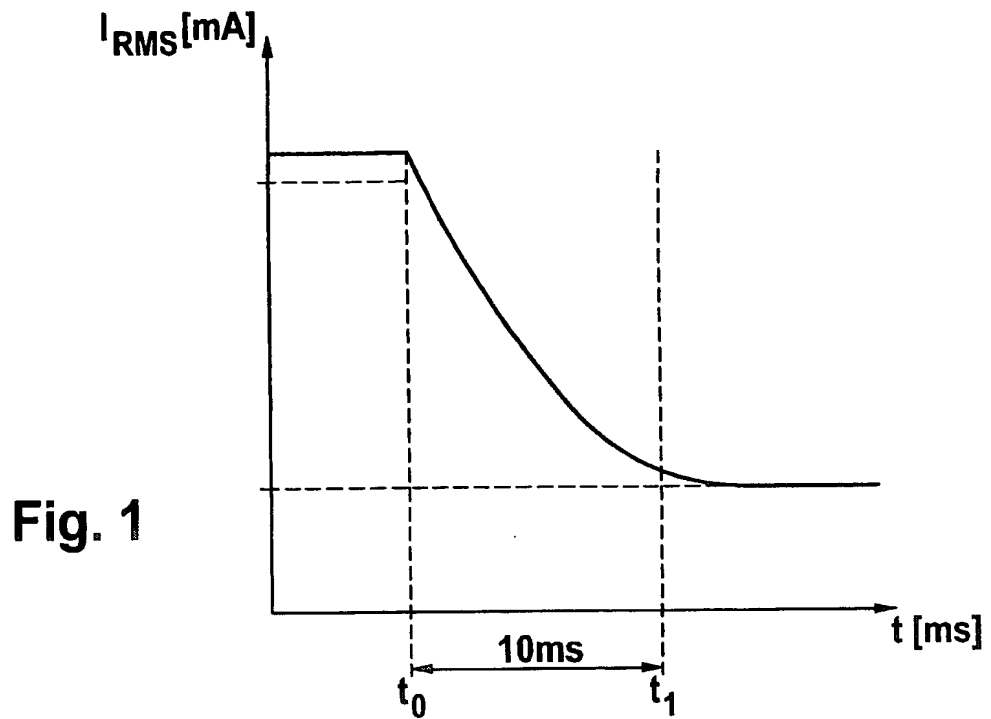
12. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz Ausgangsspannung durch einen Subtrahierer (8) erzeugt wird, dessen erster Eingang ( $I_{RMS}$ ) proportional zum gemessenen Strom  $I_{RMS}$  ist und dessen zweiter Eingang ( $I_{ref}$ ) dem vorgegebenen Sollstrom der PWM-Regelung entspricht.

13. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Subtrahierer (8) ein digitaler Subtrahierer ist und die Eingänge bzw. Ausgänge des Subtrahierers mittels geeigneter Analog/Digital-Wandler (9) bzw. Digital/Analog-Wandler (10) entsprechend gewandelt werden.

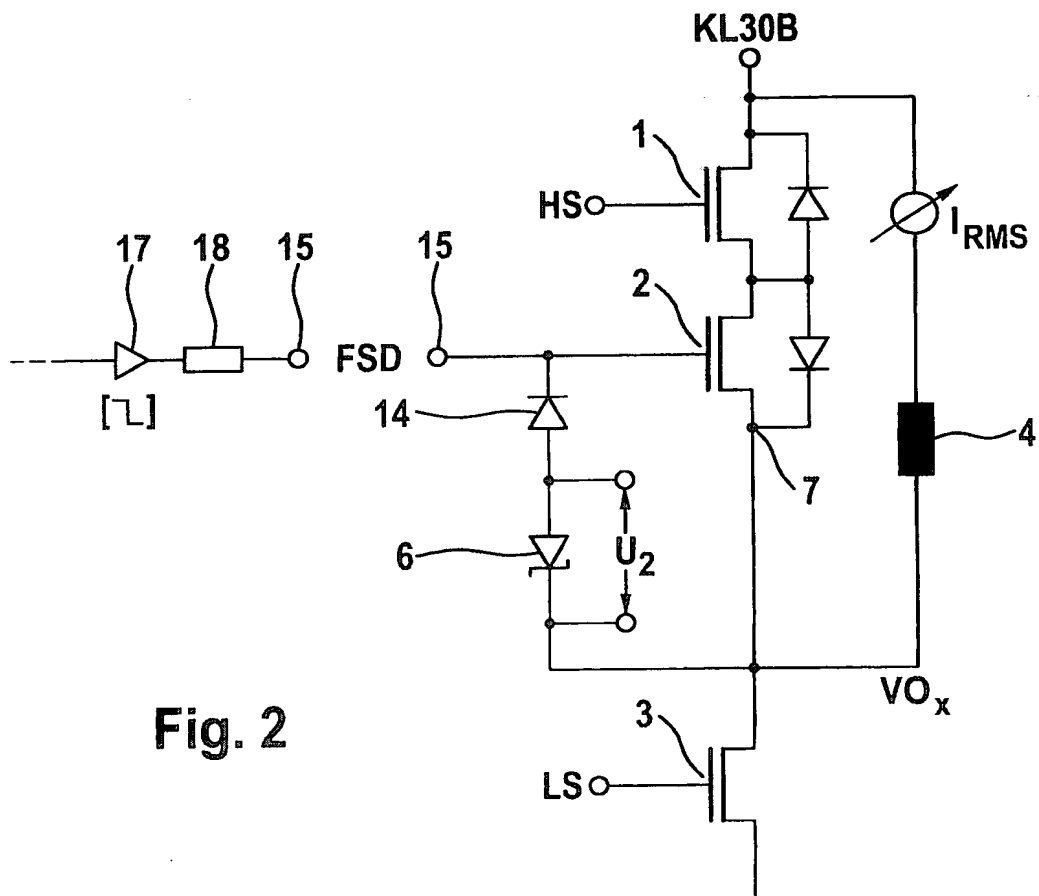
14. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Steuerpotenzial (5) stufenweise mittels einer digitalen Ansteuerung oder einer Kaskade aus in Reihe geschalteten aktiv schaltbarer Zenerdioden (13, 13', 13'') verändert wird, wobei die Zenerdioden durch Zeitverzögerungsglieder (12', 12'', 12''') so abgeschaltet oder überbrückt werden, dass sich der Widerstand des durch Steuerpotenzial (5) angesteuerten Widerstandsbauelementes (2) zu fest vorgegebenen Zeitpunkten ( $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ ) stufenweise erhöht.

15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass Steuerpotenzial (5) durch eine Steuersignal (FSD) angesteuert wird, welches insbesondere von einer digitalen Ansteuerung bereitgestellt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



**Fig. 1**



**Fig. 2**

Fig. 3

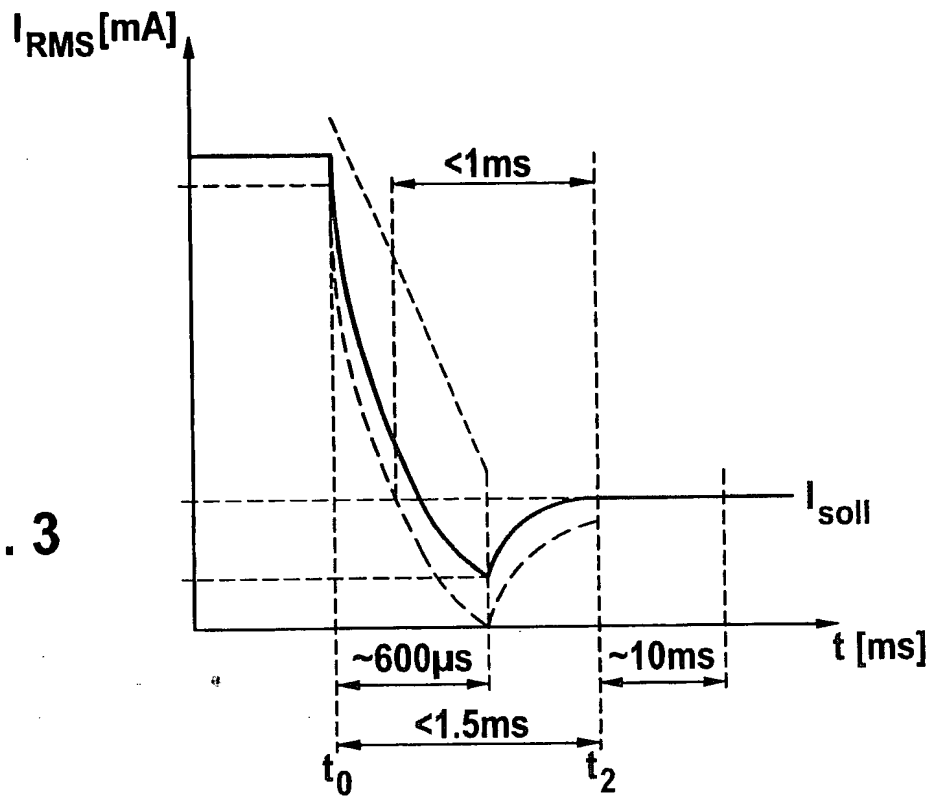
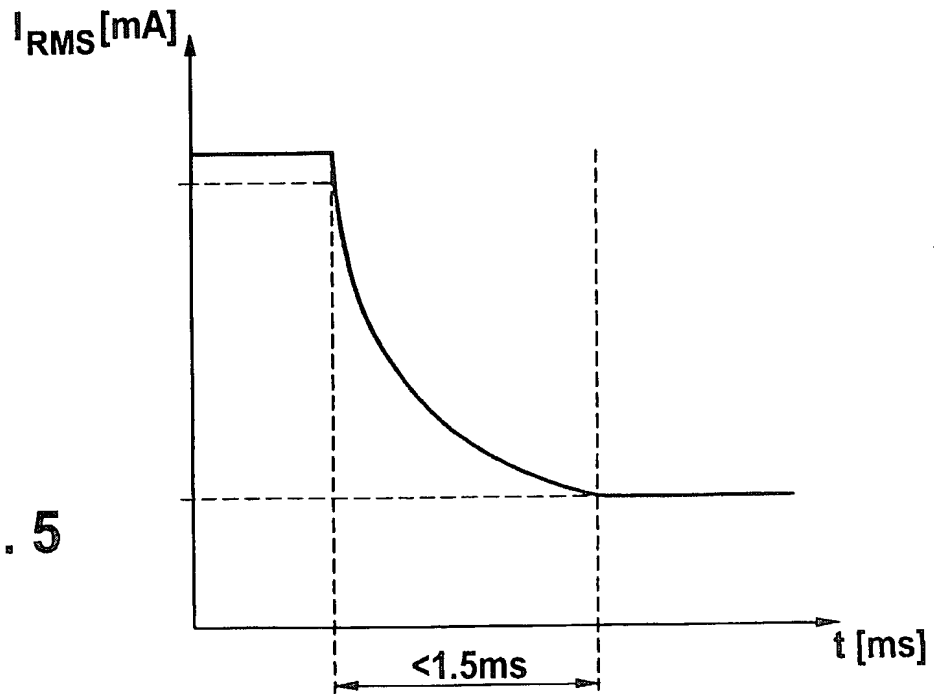
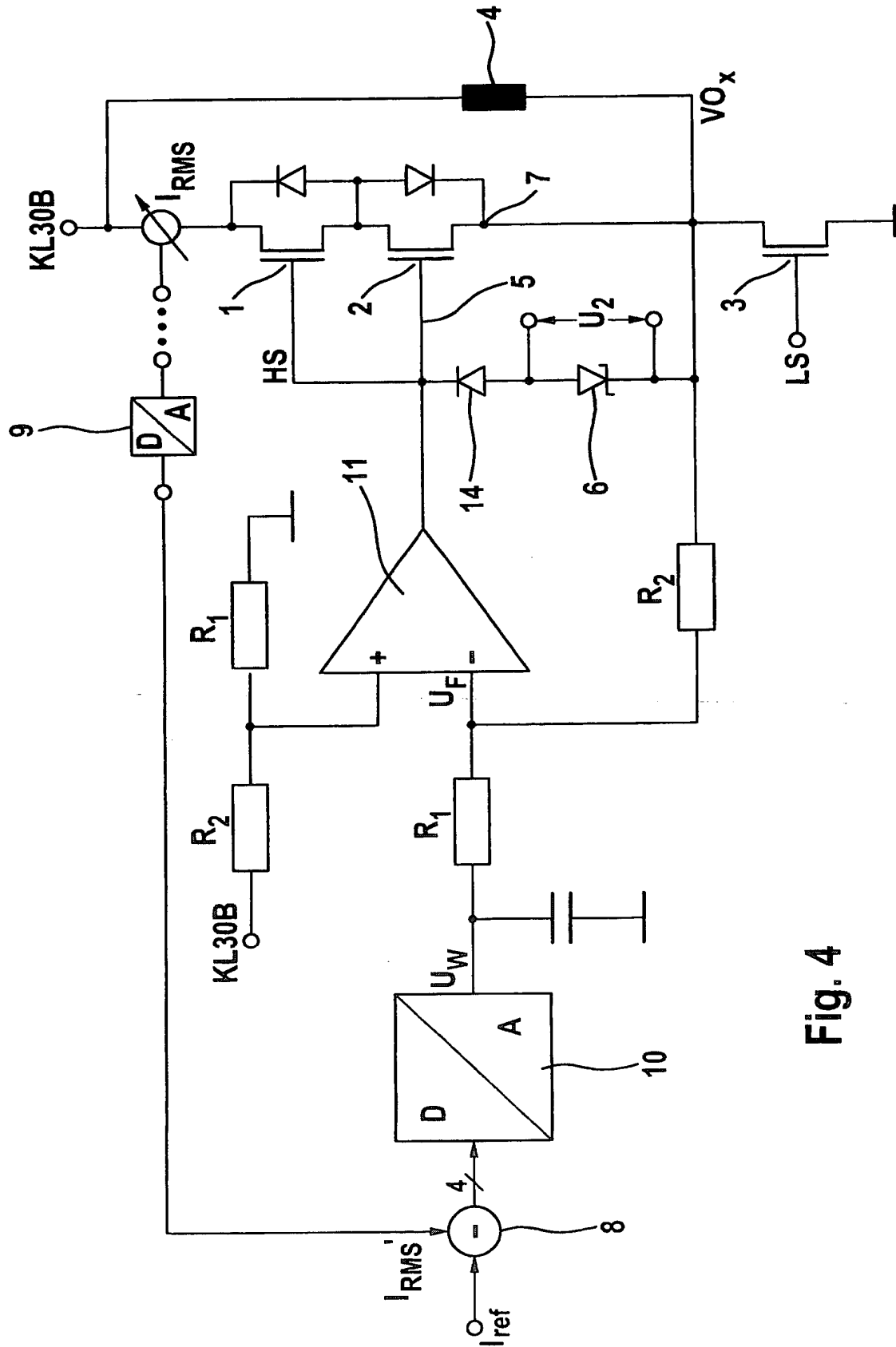
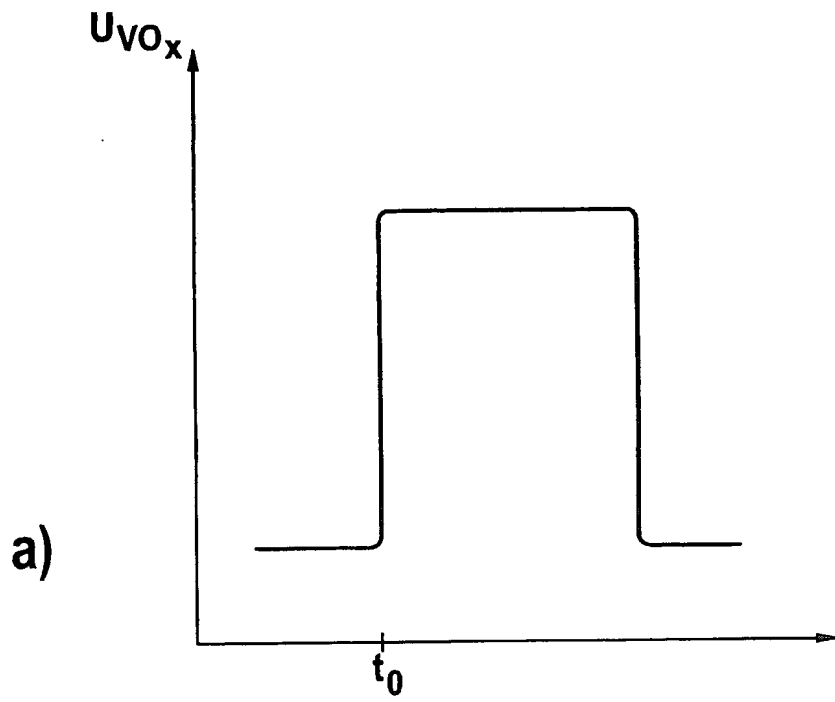


Fig. 5

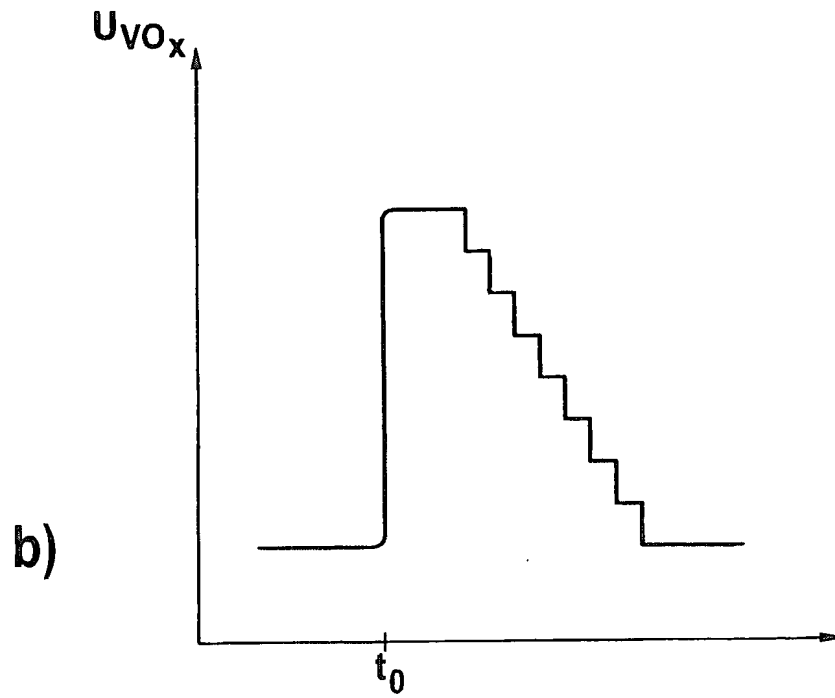




**Fig. 4**



**Fig. 6**





79

